



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
PROJETO DE DISSERTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DOS INDICADORES INDIGESTÍVEIS NA ESTIMATIVA DE
PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE EM OVINOS E CAPRINOS**

MICHEL ALVES DA SILVA

**AREIA-PB
2019**

MICHEL ALVES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DOS INDICADORES INDIGESTÍVEIS NA ESTIMATIVA DE
PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE EM OVINOS E CAPRINOS**

Projeto de dissertação apresentado ao
programa de pós-graduação em Zootecnia da
Universidade Federal da Paraíba – UFPB,
como requisito parcial para obtenção de
título de Mestre, em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção animal

Comitê de Orientação:

Prof^a. Dr^a Juliana Silva de Oliveira – Orientador Principal (CCA/UFPB)

Prof. Dr. Edson Mauro Santos – Co-Orientador (CCA/UFPB)

Prof. Dr. Gherman Garcia Leal de Araújo – Co-Orientador (EMBRAPA)

**AREIA/PB
2019**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586a Silva, Michel Alves da.

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES INDIGESTÍVEIS NA
ESTIMATIVA
DE PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE EM OVINOS E
CAPRINOS / Michel Alves da Silva. - João Pessoa, 2019.
37 f. : il.

Orientação: Juliana Silva de Oliveira.
Coorientação: Edson Mauro Santos, Gherman Garcia Leal
de Araujo.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Capim buffel, fezes, matéria seca indigestível.
2.
Proteína degradada no rúmen, úreia. I. Oliveira,
Juliana Silva de. II. Santos, Edson Mauro. III.
Araujo, Gherman Garcia Leal de. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DOS INDICADORES INDIGESTÍVEIS NA ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO
FECAL E DIGESTIBILIDADE EM CAPRINOS E OVINOS"

AUTOR: Michel Alves da Silva

ORIENTADOR: Juliana Silva de Oliveira

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof.ª Dra. Juliana Silva de Oliveira
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Severino Gonzaga Neto
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Dr. João Paulo de Farias Ramos
Examinador
EMEPA

Areia, 28 de março de 2019

À minha mãe, Marinele Alves, ao meu pai, José Albino, por sempre me educar, em demonstrar todo comprometimento, e dedicação, sempre buscando guiar meus passos, mim amparando em todos os momentos.

Ao meu irmão, Breno Alves, por estar sempre caminhando comigo, em todos os momentos, e sempre do meu lado em todas as circunstâncias.

À minha esposa, Dayana Souza, por estar sempre me apoiando, procurando sempre a melhor alternativa de ajudar, e ter a honra e satisfação de compartilhar cada momento de minha vida ao seu lado.

E por fim, ao meu filho Kaique Alves, ao qual compartilho todo meu carinho, amor e imensa alegria, em poder ser pai, dessa bênção, ao qual, agradeço todos os dias a Nosso Senhor Jesus Cristo, pela dádiva recebida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre estar me abençoando, por sempre me levar ao caminho certo, por nunca me desamparar, principalmente nos momentos de angústia e aflição, e também nos momentos de desânimo que passei nessa jornada, pelos ensinamentos depois das decepções e tombos que enfrentei. Obrigado por nunca deixar eu desistir, sempre me dando forças, agradeço também pela família que o Senhor me concedeu, família esta que, só tenho a agradecer por ser uma família linda, com saúde, alegre e sempre disposta a ajudar todos que a conhecem e sabem que nela podem confiar, e agradecer sempre ao senhor por me abençoar, colocando em meu caminho sempre pessoas boas, principalmente na minha trajetória acadêmica, enfim, muito obrigado.

Agradeço a minha mãe Marinele Alves da Silva, ao meu pai José Albino da Silva, ao meu irmão José Breno Alves da Silva, a minha esposa Maria Dayana Souza de Oliveira Alves, e a meu filho Kaique de Souza Oliveira Alves por serem a razão do meu viver, a base de tudo, e pela família abençoada que somos.

Agradeço a minha orientadora Professora Dr. Juliana Silva de Oliveira, pela oportunidade que me foi dada, confiança, todos os ensinamentos, contribuindo na minha formação acadêmica e profissional, e agradecer pela honra de ter a senhora como minha orientadora. Agradeço também a oportunidade pela qual o Professor Dr. Edson Mauro Santos, estar mim orientando, nessa etapa acadêmica, desde já meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos meus colegas de mestrado, Lucas Nunes, Wendel Pires, Anderson Silva, Ranieri Paulino, Danillo Marte, Angélica Soares, Leandro Guerra, entre outros. E também a todos os colegas de curso, que de uma forma ou outra contribuíram.

Agradeço imensamente ao Doutor João Paulo de Farias Ramos, pela imensa contribuição na dissertação, sempre paciente, me auxiliando sempre, sem medir esforços, sempre procurando ajudar da melhor maneira possível, agradeço pela contribuição não somente na dissertação, como também na vida acadêmica, meu muito obrigado.

Agradeço ao CNPq, pelo auxílio por meio da bolsa de estudos, para que o experimento fosse realizado.

Agradeço por fim, ao Grupo de Estudos em Forragicultura (GEF), por abrir as portas para que o experimento fosse realizado, e aos colegas por sempre estarem atuantes, ajudando no que fosse possível, agradeço a todos os membros envolvidos no experimento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISAO DE LITERATURA.	3
2.1 Digestibilidade.....	3
2.2 Método de Estimativa.....	3
2.2.1 Método <i>in vivo</i>	4
2.2.2 Método <i>in situ</i>	4
2.2.3 Método <i>in vitro</i>	5
2.3 Uso de Indicadores	5
2.3.1 Indicadores Externos	6
2.3.2 Indicadores Internos	6
2.3.1.1 Materia Seca Indigestível.	7
2.3.2.2 Fibra em Detergente Neutro Indigestível	8
2.3.1.3 Fibra em Detergente Acido Indigestível.....	8
3. MATERIAL E METODOS.....	10
4. RESULTADOS E DISCUSSAO	14
5. CONCLUSAO.....	33
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química da forragem e dos componentes dos suplementos com base na matéria seca	11
Tabela 2 – Estimativas de excreção fecal diária em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H), consumindo dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB).	15
Tabela 3 – Estimativas de excreção fecal diária em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H), consumindo dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB).	16
Tabela 4 – Estimativas da digestibilidade da matéria seca (DMS) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H)	18
Tabela 5 – Estimativas da digestibilidade da matéria seca (DMS) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H)	19
Tabela 6 – Estimativas da digestibilidade da matéria orgânica (DMO) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H)	21
Tabela 7 – Estimativas da digestibilidade da matéria orgânica (DMO) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H)	22
Tabela 8 – Estimativas da digestibilidade da proteína bruta (DPB) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H)	24
Tabela 9 – Estimativas da digestibilidade da proteína bruta (DPB) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores	

fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H) 25

Tabela 10 – Estimativas da digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H) 27

Tabela 11 – Estimativas da digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H) 28

Tabela 12 – Estimativas dos nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H)..... 30

Tabela 13 – Estimativas dos nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H)..... 31

AVALIAÇÃO DOS INDICADORES INDIGESTÍVEIS NA ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO FECAL E DIGESTIBILIDADE EM OVINOS E CAPRINOS

Resumo - objetivou-se comparar os métodos indiretos de obtenção de digestibilidade com o método direto de coleta total de fezes para estimativa da digestibilidade aparente de nutrientes em ovinos e caprinos suplementados com nitrogênio não protéico. Foram utilizados cinco caprinos e cinco ovinos sem padrão racial definido (SPRD), distribuídas em dois quadrados latinos 5 x 5, com parcelas subdivididas, considerando como parcelas as dietas e como subparcelas as metodologias de determinação de digestibilidade aparente. As dietas foram compostas de feno de capim-buffel, e da adição, via infusão ruminal, de quantidades crescentes de suplemento nitrogenado de modo a elevar gradativamente o nível de PB da dieta basal em intervalos de dois pontos percentuais, ou seja, +2, +4, +6 e +8%. Amostras dos alimentos oferecidos e das sobras foram retiradas diariamente nos cinco dias de coleta, para determinação do consumo de nutrientes, como também foi realizada a coleta total de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes. A quantidade de matéria seca fecal excretada foi estimada pela concentração de Fibra em Detergente Ácido Indigestível (FDAi), Fibra em Detergente Neutro Indigestível (FDNi), Matéria Seca Indigestível a 244 horas (MSi 244H) e Matéria Seca Indigestível a 264 horas (MSi 264H). A análise estatística das variáveis foi realizada por contraste ortogonal para comparar os métodos indiretos de determinação de digestibilidade aparente dos nutrientes (FDAi e FDNi) com o método direto de determinação de digestibilidade aparente (coleta total de fezes) dos nutrientes nas diferentes dietas. Foi adotado o nível de 5% de significância. Dentre os indicadores avaliados a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), é o que estima com melhor precisão a digestibilidade dos nutrientes na ração para caprinos e ovinos.

Palavras-chave: capim-buffel, fezes, matéria seca indigestível, proteína degradada no rúmen, úreia.

EVALUATION OF INDIGENOUS INDICATORS IN FECAL PRODUCTION AND DIGESTIBILITY ESTIMATION IN SHEEP AND GOATS

Abstract: - The objective of this study was to compare the indirect methods of obtaining digestibility with the direct method of total fecal collection to estimate the apparent digestibility of nutrients in sheep and goats supplemented with non - protein nitrogen. Five goats and five sheep without defined racial pattern (SPRD) were used, distributed in two 5 x 5 Latin squares, with subdivided plots, considering as plots the diets and as subplots the methodologies of determination of apparent digestibility. The diets were composed of buffelgrass hay and the addition, via ruminal infusion, of increasing amounts of nitrogen supplementation in order to gradually raise the CP level of the basal diet in intervals of two percentage points, that is, +2, +4, +6 and +8%. Samples of the foods offered and the leftovers were collected daily during the five days of collection to determine the nutrient intake, as well as the total collection of faeces to determine the apparent digestibility of the nutrients. The amount of fecal dry matter excreted was estimated by the concentration of Fiber in Indigestible Acid Detergent (FDAi), Indigestible Neutral Detergent Fiber (FDNi), Indigestible Dry Matter at 244 hours (MSi 244H) and Indigestible Dry Matter at 264 hours (MS 264H). The statistical analysis of the variables was performed by orthogonal contrast to compare the indirect methods of determination of apparent digestibility of nutrients (FDAi and FDNi) with the direct method of determination of apparent digestibility (total collection of feces) of the nutrients in the different diets. The level of 5% of significance was adopted. Among the indicators evaluated, the indigestible neutral detergent fiber (NDFI) is the one that most accurately estimates the nutrient digestibility of the diet for goats and sheep.

Key words: buffel grass, faeces, indigestible dry matter, rumen degraded protein, urea.

1. INTRODUÇÃO

A digestibilidade da dieta é uma das principais formas utilizadas para expressar o conteúdo de nutrientes e energia disponível dos alimentos para os animais ruminantes. Isso porque as metodologias que se tem para estimativas de digestibilidade são, geralmente, menos complexas e de baixo custo quando comparadas a outras formas de se obter a energia disponível dos alimentos.

Entretanto, na estimativa da digestibilidade *in vivo* é necessário a obtenção da quantidade de fezes excretadas diariamente pelo animal. O procedimento padrão para obtenção da quantidade de fezes excretadas é a coleta total de fezes, que é bastante trabalhosa. Uma alternativa menos laboriosa é a utilização de indicadores internos ou externos. Dentre estes indicadores internos, os mais utilizados são a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) (Detmann et al., 2004).

Os indicadores devem ter como propriedade elementar serem indigestíveis ou terem digestibilidade constante. Porém, não se sabe ainda se fatores como a composição da dieta e o animal podem influenciar na sua concentração nas fezes (Lee & Hristov, 2013; Krizsan & Huhtanen, 2013). Assim, dietas com diferentes níveis de proteína podem influenciar nas estimativas desses indicadores.

Apesar da FDNi e FDAi serem muito utilizados nas estimativas de digestibilidade de dietas para ruminantes, existem poucos trabalhos com recomendações destes métodos (Krizsan & Huhtanen, 2013), como também da matéria seca indigestível (MSi). A fibra em detergente neutro indigestível e a fibra em detergente ácido indigestível estão entre os mais promissores indicadores internos para estimativa da produção fecal de ruminantes (WATANABE et al., 2010). Em vacas de leite verificou-se que o FDNi subestimou a digestibilidade de dietas pobres em proteína, quando usado como indicador (Lee & Hristov, 2013).

Em experimentos com ovinos e caprinos têm-se verificado, que mesmo com dietas compostas por alimentos de média e alta digestibilidade, como dietas de alta proporção de concentrado ou volumosos de qualidade superior, a FDNi e a FDAi tendem a superestimar a produção fecal e conseqüentemente a subestimar a digestibilidade aparente das dietas. No trabalho de Gois (2014) verifica-se isso, em que silagens de diferentes cultivares de sorgo proporcionaram ganho de peso médio diário de 200 g para ovinos,

entretanto, a digestibilidade da matéria seca e da fibra em detergente neutro das dietas foram em média 55% e 20%, respectivamente, estimadas através da FDNi.

Assim, objetivou-se comparar os métodos indiretos de obtenção de digestibilidade FDAi, FDNi, MSi incubado por 244 horas e MSi incubado por 264 horas com o método direto de coleta total de fezes para estimativa da excreção fecal e digestibilidade aparente de nutrientes em ovinos e caprinos suplementados com diferentes níveis de proteína.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Digestibilidade

Segundo Van Soest (1994), a digestão pode ser definida como um processo de conversão de macromoléculas dos nutrientes em compostos mais simples, que podem ser absorvidos a partir do trato gastrointestinal. Entende-se que as medidas de digestibilidade são utilizadas para determinar o valor nutritivo dos alimentos, através do seu coeficiente de digestibilidade, por meio do percentual existente em cada nutriente do alimento, disponível á alimentação animal.

A digestibilidade corresponde à capacidade de utilização dos nutrientes dos alimentos pelos animais, sendo definida como a proporção da dieta ingerida que não foi excretada nas fezes. A digestibilidade é estimada pela diferença entre as quantidades diárias de dieta ingerida e a produção de fezes ou dos nutrientes nela contidos em relação à quantidade ingerida da dieta num dado período de tempo (Berchielli et al., 2006).

O uso de indicadores em avaliações da digestibilidade dos nutrientes nos alimentos não é recente. Esta técnica foi inicialmente utilizada décadas atrás, com a finalidade de facilitar a determinação da produção fecal, realizada mediante a coleta total, procedimento que requer mão de obra ampla, também provocava queda no consumo (MACHADO et al., 2011). O uso dos indicadores consiste em detectar e quantificar a sua concentração nas fezes (BERCHIELLI et al., 2006).

Erros na estimativa da digestibilidade estão relacionados a problemas na coleta de amostra, ao fato de estas amostras não serem representativas ou ao uso incorreto de indicadores. Vale ressaltar que ainda são poucos os trabalhos sobre esse assunto e que informações que confirmem esta premissa em condições tropicais são ainda escassas.

2.2 Métodos de estimativa

Considerando a importância da avaliação da digestibilidade e consumo de alimentos, a busca por métodos de estimativa do valor nutricional tem sido alvo de inúmeras pesquisas nacionais e internacionais na nutrição de ruminantes, uma vez que os ensaios com animais, são caros, laboriosos e relativamente longos (RODRIGUEZ et al., 2006).

Quando se trata dos métodos de estimativa, o método *in vivo* se destaca por sua grande importância tanto na avaliação dos alimentos, como também na forma de validação de métodos de estimativa.

A determinação de digestibilidade tem sido o principal objetivo da experimentação *in vivo*, uma vez que esta variável quantifica a disponibilidade dos nutrientes dos alimentos no trato gastrointestinal dos animais, envolvendo mensurações de consumo e da excreção fecal (Rodriguez et al., 2006).

Dentre os métodos de estimativa ainda pode se obter através de outros métodos como o método *in situ* (utilizando animais fistulados), e o método *in vitro* (em laboratório).

2.2.1. Método *in vivo*

Segundo Kitessa et. al (1999), o método *in vivo* é o método padrão para medir a digestibilidade envolvendo animais, o qual consiste no fornecimento da dieta ao animal. Esta técnica é considerada a técnica ideal para simular o ambiente ruminal dentro de um determinado regime alimentar (TEIXEIRA, 1997), sendo o resultado a expressão mais real dos processos digestivos dos animais. No entanto, a acurácia é restrito ao nível de consumo, tipo de animal e do alimento utilizado no ensaio. Por exemplo, o aumento do nível de consumo pelos animais provocaria aumento na taxa de passagem do alimento pelo trato digestivo, com isso, o tempo em que o alimento estaria sujeito a degradação ruminal diminuiria, afetando a digestibilidade.

Outro fator importante a ser considerado é, o tempo de adaptação aos animais é importante, pois esse parâmetro só deve ser iniciado quando os animais estiverem adaptados á dieta, sendo normalmente o período de 10 a 15, considerado como o ideal (Itavo, 2001).

Apesar desse método ser considerado o mais confiável, apresenta alguns entraves como a exigência de um maior número de animais, um controle rigoroso de quantidade ingerida e excretada, instalações adequadas, alto custo e maior tempo experimental.

2.2.2. Método *in situ*

Esse método baseia-se no desaparecimento da amostra do alimento acondicionada em um saco de náilon (ou outro material sintético), através da incubação no rúmen dos

animais, via fístula. Esta propicia uma estimativa rápida e simples a degradação dos nutrientes no rúmen, além de permitir o acompanhamento da degradação dos alimentos ao longo do tempo. Apresenta como vantagem, a degradação ocorrer diretamente no rúmen do animal. Essa técnica é utilizada em experimentos, principalmente, do desaparecimento da fração nitrogenada da amostra, fornecendo informações necessárias para elaboração de exigências nutricionais em animais (VANZANT et al., 1998).

A técnica *in situ*, foi inicialmente proposta por Mehrez e Orkov (1977), e tem sido amplamente utilizada, especialmente por possibilitar a comparação de características de degradação de alimentos e também por melhorar o conhecimento da digestão ruminal. Porém deve-se verificar alguns fatores na adoção dessa metodologia, para que não ocorra posteriores erros, como observar a porosidade do saco de náilon, tempo de incubação e a forma ao qual os sacos são acondicionados no rúmen do animal, todos esses processos podem interferir no resultado final dos valores amostrais (VAZANT et. al., 1998).

2.2.3 Método *in vitro*

A técnica de digestão *in vitro* foi desenvolvida pela primeira vez por Tilley e Terry (1930) e tem sido comumente usada para predizer a digestibilidade dos alimentos.

O método *in vitro* é capaz de representar o processo de digestão que ocorre no rúmen, abomaso e intestino para estimar quantitativamente a taxa e o grau de digestão similar obtidos no método *in vivo* (BERCHIELLI et al., 2006). Este método propicia uma avaliação da digestibilidade a baixo custo e em curto prazo. O valor da digestibilidade *in vitro* pode ser obtido em incubações num período acima de 96 horas. A confiabilidade da obtenção dos dados é dependente de alguns fatores como: diluição do fluido ruminal, manutenção das condições do rúmen, tamanho de partícula incubada e dieta que o animal esteja recebendo (STERN et.al., 1997).

2.3 Uso de Indicadores

A utilização de indicadores de excreção fecal surge como alternativa ao método de coleta total de fezes, necessários no método *in vivo* de digestibilidade, haja vista a possibilidade de obtenção de estimativas da digestibilidade aparente da dieta de forma menos laboriosa (RODRIGUES et al., 2010).

A utilização de indicadores permite a estimação da produção fecal a partir de amostras de fezes dos animais, obtidas seguindo protocolos pré-estabelecidos de coletas

(VALENTINI 2012). Os indicadores têm-se mostrado úteis e eficientes na estimativa da produção fecal, proporcionando resultados semelhantes aos obtidos pelo método de coleta total de fezes (MENDES et al., 2005). Muitas técnicas podem ser usadas na determinação da digestibilidade de alimentos volumosos e concentrados (RODRÍGUEZ et al., 2006).

Os indicadores têm sido utilizados como ferramenta experimental por muitos anos (MERCHEN, 1993) e um amplo número de substâncias tem sido avaliados como indicadores para estudar a função digestiva em ruminantes. O indicador pode ser classificado como interno, aquele que está no alimento, e externo, adicionado na ração ou administrado oralmente ou intra-ruminalmente.

Segundo Rodrigues et al. (2006), um bom indicador, deve reunir parte de alguns critérios como; ser totalmente indigerível e não apresentar função fisiológica, e ainda misturar-se bem, e não influenciar ou ser influenciado por secreções intestinais e nem pela população microbiota intestinal.

2.3.1 Indicadores Externos

São substâncias utilizadas para estimar a digestibilidade e produção fecal em diversas espécies animais. Sua escolha deve ser baseada na taxa de recuperação fecal, validade em ensaios de coleta total de fezes e custo (MACHADO et al., 2011).

É considerado indicador externo toda substância adicionada à dieta com finalidade de estimar a produção fecal dos animais. Conceitualmente, o indicador externo não deve ser absorvido pelas paredes do trato digestivo, sendo assim, indigestível e completamente recuperável nas fezes. Sua utilização pode ter duas finalidades: estimar a produção fecal para determinar a digestibilidade ou consumo de pasto, mas também para estudar parâmetros de fluxo digestivo (Berchielli et al., 2006; Lopes, 2007).

Esses indicadores podem ser administrados aos animais por via oral, por meio de fístula ruminal ou ainda por cápsulas de liberação lenta ou por dose única (VALENTINI, 2012). Os indicadores externos óxido crômico, dióxido de titânio, a LIPE® e a nanolipe têm sido utilizados em estudos de digestão parcial de ruminantes (FERREIRA et al., 2009).

2.3.2 Indicadores Internos

Os indicadores internos estão presentes naturalmente no alimento e, além disso, apresentam outras vantagens competitivas, tais como: não prescindirem de dosagem, permanecerem uniformemente distribuídos na digesta durante o processo de digestão e excreção, apresentarem facilidade de avaliação em diversas espécies, e baixo custo (BERCHIELLI et al., 2000).

Os indicadores internos têm sido utilizados como ferramenta experimental por muitos anos e um amplo número de substâncias tem sido avaliadas como indicadores para estudar a função digestiva em ruminantes (ZEOULA et al., 2002). Segundo Van Soest (1994), a recuperação de frações indigestíveis do alimento é a base para o uso de indicadores internos, que são empregados convenientemente em estudos nos quais são necessárias estimativas de digestibilidade.

Entre os indicadores internos utilizados em ensaios com ruminantes, destacam-se alguns componentes indigestíveis dos alimentos, como as frações químicas da matéria seca indigestível (MSi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) e a lignina. Estes indicadores podem ser utilizados tanto na estimação da produção fecal, como na obtenção de estimativas dos coeficientes de digestibilidade e ingestão de alimentos (CASALI, 2006).

2.3.2.1 Matéria Seca Indigestível (MSi)

A matéria seca indigestível está entre os mais promissores indicadores internos, para estimação da produção de matéria seca fecal de ruminantes (WATANABE et al., 2010).

A MSi consiste de frações indigestíveis do alimentos as quais podem ser utilizadas para estimação da produção fecal, por meio da relação entre sua concentração no alimento/dieta e nas fezes. Kozloski et al. (2006), afirmam que sua utilização se dá através da matéria seca residual que se obtém após incubação ruminal *in situ* em ruminantes que pode ser utilizada como indicador interno. Entretanto, sua estimativa pode ser menos precisa para detectar diferenças na digestibilidade de alimentos impostas pelos tratamentos em um experimento.

Berchielli et al. (2005), afirmam que a MSi se apresenta como uma das melhores alternativas para determinação indireta da digestibilidade da dieta da matéria seca em ruminantes.

Kozloski et al. (2009) trabalhando com digestibilidade de ovinos, afirmaram que a MSi se mostrou como um excelente indicador interno em ruminantes, uma vez que

encontrou resultados satisfatórios na recuperação fecal da MSi em todos os ensaios de digestibilidade em ovinos após incubação *in situ*.

2.3.2.2 Fibra em detergente neutro indigestível (FDNi).

Como ponto inicial aos principais métodos, destaca-se a estimação do potencial de degradação da fibra em detergente neutro (FDN), expresso complementarmente como sua fração indigestível. Esta porção é empregada como base para estimar a digestão efetiva dos componentes fibrosos.

As diferenças nos resultados da literatura em relação a utilização de FDNi como marcador interno para estimativa de produção fecal podem ser parcialmente atribuídas a variações existentes na recuperação de marcadores indigestíveis, falta de padronização no método de determinação, além daquelas relacionadas aos métodos de determinação *in situ* ou *in vitro* (OLIVEIRA Jr. et al., 2004).

Em trabalhos com ovinos, Detmann et al. (2007) encontraram valores de recuperação completa de FDNi, demonstrando que tal indicador apresenta comportamento ideal para determinar a digestibilidade de ruminantes.

O FDNi incubado por 244 horas apresentaram resultados semelhantes aos obtidos por coleta total de fezes em experimento realizado por Berchielli et al. (2000). Casali et al. (2008) avaliaram a influência do tempo de incubação *in situ* e do tamanho de partículas sobre as estimativas citadas anteriormente, e também encontraram resultados semelhantes aos encontrados por Berchielli et al. (2000), afirmando dessa forma, que esse tempo de incubação é o ideal para esta técnica.

2.3.2.3 Fibra em detergente ácido indigestível (FDAi).

Quando se utiliza solução de detergente ácido a celulose e a hemicelulose solubilizam-se e a lignina ligada à celulose (lignocelulose) é separada por filtragem. As duas frações são denominadas, respectivamente, de solúveis em detergente ácido e FDA. A porção solúvel é integralmente aproveitada por ruminantes ou outros herbívoros e parcialmente por monogástricos não herbívoros (SALMAN et al., 2010). Sua determinação se dá da mesma maneira que o FDN, porém o detergente nesta será ácido.

Zeoula et al. (2002) utilizando ovinos (sem padrão racial definido) e vacas (Holandesas) constataram que a baixa recuperação fecal da FDAi de 89,76% em relação a coleta total de fezes, superestimou a produção fecal, entretanto, foi considerado um bom

indicador na estimativa dos coeficientes de digestibilidade da MS e da MO com semelhança aqueles obtidos pelo método de coleta total de fezes.

Segundo Ítavo et al. (2001), trabalhando com bovinos, o FDAi, após 244 horas de incubação *in vitro* ou *in situ*, tem sido utilizada em estudos de digestibilidade e a estimativa da digestibilidade dos nutrientes podem ser efetuadas utilizando-se a FDAi como indicador interno em ovinos (ALVES et al., 2003; VÉRAS et al., 2005).

Em trabalhos com ovinos, Detmann et al. (2007) relataram que a FDAi, é mais sensíveis a erros, provavelmente em decorrência de sua menor concentração nos alimentos.

Piaggio et al. (1991) relataram problemas com o uso da FDAi, obtida após incubação *in situ*, como indicador da digestibilidade. Esses autores relataram que a recuperação fecal e, conseqüentemente, a estimativa de digestibilidade foram abaixo do esperado. Contudo poderiam ser melhoradas com o uso da incubação *in vitro*, uma vez que essa apresenta menor variação e não apresenta perda de partículas.

Porém, Casali et al. (2008), avaliando diferentes tempos de incubação sobre as estimativas de frações indigestíveis de FDAi, observaram que, para esta técnica, o tempo de incubação ideal é de 264 horas. Berchielli et al. (2005), avaliando o indicador FDAi, relataram que o tempo de incubação menor que 264 horas, pode não quantificar a fração indigestível. Portanto, quando utilizado um tempo de incubação inferior para esta técnica, pode existir uma estimativa ineficiente.

3. MATERIAL E METÓDOS

O ensaio experimental foi executado no Setor de Caprinocultura, no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em Areia-PB, no período de maio de 2017 a março de 2018.

O trabalho foi executado obedecendo às normas técnicas de biossegurança e ética, aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), Centro de Biotecnologia (CBiotec) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) (protocolo: 0209/14).

No presente estudo foi realizado dois experimentos simultâneos, seguindo a mesma metodologia para ambos. Da mesma forma foi realizado dois ensaios de digestibilidade, um *in vivo* utilizando caprinos e ovinos, e outro *in situ* com bovino fistulado no rúmen.

No experimento, foram utilizados cinco ovinos e cinco caprinos, sem padrão racial definido (SPRD), pesando em média $45 \pm 2,3$ kg, distribuídas em dois quadrados latinos 5 x 5, com parcelas subdivididas, considerando como parcelas as dietas e como subparcelas as metodologias de determinação de digestibilidade aparente. Todos os animais foram fistulados no rúmen e mantidos em sistema intensivo. Cada animal foi alojado em gaiola metabólica individual tipo “Tie Stall”, provida de comedouro e bebedouro.

Foram testados diferentes níveis de nitrogênio não proteico na dieta dos animais. A suplementação dos animais foi realizada com cinco níveis protéicos em dieta à base de capim-buffel diferido, de baixo valor protéico (Tabela 1).

O tratamento controle consistiu do fornecimento exclusivo do feno e os demais, da adição, via infusão ruminal, de quantidades crescentes de suplemento nitrogenado de modo a elevar gradativamente o nível de PB da dieta basal em pontos percentuais, ou seja, +1,94, +3,89, +5,83 e +7,77%.

Assim, os animais consumiram cinco níveis de PB na dieta basal com base na matéria seca (5,5; 7,44; 9,39; 11,33; e 13,27% de PB). O suplemento foi composto de mistura contendo uréia, sulfato de amônio e caseína nas proporções de 75:8,33:16,67, respectivamente. O sulfato de amônio foi utilizado para fornecer enxofre (S) e a caseína como fonte de ácidos graxos de cadeia ramificada, todos para garantir condições favoráveis para a fermentação ruminal dos animais (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição química da forragem e dos componentes dos suplementos com base na matéria seca.

Item	Capim-Buffel	Uréia	Caseína	Sulfato de amônia
	(g/kg de MS)			
Matéria seca ¹	840,90	995,40	900,00	977,30
Matéria orgânica	921,40	995,40	972,40	977,30
Matéria mineral	78,60	4,60	27,60	22,70
Proteína bruta	55,00	2637,70	889,70	1426,00
Extrato etéreo	11,10	0,00	3,20	0,00
FDNcp ²	698,40	0,00	0,00	0,00
Carboidratos não fibrosos	156,90	0,00	0,00	0,00
FDACP ³	312,20	0,00	0,00	0,00
Lignina	41,30	0,00	0,00	0,00
Celulose	270,90	0,00	0,00	0,00
Hemicelulose	386,20	0,00	0,00	0,00
PIDN ⁴	1,20	0,00	0,00	0,00
PIDA ⁵	0,70	0,00	0,00	0,00

¹Com base na matéria natural; ²Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; ³Fibra em detergente ácido corrigido para cinzas e proteína; ⁴Proteína indigestível em detergente neutro; ⁵Proteína indigestível em detergente ácido.

O experimento constituiu de cinco períodos, cada um com duração de 20 dias, sendo os quinze primeiros dias de adaptação às dietas e os demais para coleta de dados, totalizando 100 dias de período experimental. Os animais foram mantidos confinados e alimentados duas vezes ao dia (07h30 e 15h30) em igual proporção, sendo a alimentação fornecida individualmente.

As dietas foram fornecidas *ad libitum*, de maneira que houvesse pelo menos 10% de sobras. Para que o nível de oferta de alimento seja corretamente ajustado, as sobras foram pesadas diariamente.

Nos dois primeiros dias de cada período de adaptação, foi infundido um terço da dose completa do suplemento. No terceiro e quarto dias, foi infundido dois terços do suplemento e, no quinto, sexto e sétimo dia do período de adaptação, foi infundido a dose completa do suplemento.

Amostras dos alimentos oferecidos e das sobras foram retiradas diariamente nos cinco dias de coleta. Delas foram feitas amostras compostas referentes a cada período

experimental, e foi determinado sua composição segundo a *Association of Official Analytical Chemists* – AOAC (1997), para matéria seca (MS) (*método 934.01*), proteína bruta (PB) (*método 954.01*), extrato etéreo (EE) (*método 920.39*), matéria mineral (MM) (*método 942.05*) e lignina (*método 973.18*). A metodologia de Van SOEST *et al.* (1991) foi utilizada para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), a partir do analisador de fibra da ANKOM (ANKOM200 *Fibre Analyzer* – ANKOM Technology Corporation, Fairport, NY, EUA). A FDN e a FDA foram corrigida para cinzas e proteína, onde seus resíduos foram incinerados em mufla a 600 °C, durante 4 horas, e a correção para proteína foi executada por intermédio da proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA).

A concentração em carboidratos não-fibrosos (CNF) foi estimada a partir da equação: $CNF = 100 - (\%PB + \%EE + \%CZ + \%FDN)$, segundo Van Soest *et al.* (1991).

A determinação da digestibilidade foi feita segundo equação descrita por Berchielli *et al.* (2006). Em que, o coeficiente de digestibilidade (CD), em g/kg, foi calculado por:

$$CD = (\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado}) / \text{Nutriente ingerido} \times 100$$

Para quantificação do valor de energia das dietas, utilizaram-se os dados da digestibilidade aparente obtidos no experimento, aplicando-se a equação proposta por Weiss (1999):

$$NDT (\%) = dCNF + dPB + (dEE \times 2,25) + dFDN$$

Em que “d” representa a digestibilidade, $NDT (g/kg) = \text{Nutrientes digestíveis totais}$, $PBd = \text{Proteína bruta digestível}$; $EE d = \text{Extrato etéreo digestível}$; $CNF d = \text{carboidratos não fibrosos digestíveis}$; $FDN d = \text{fibra em detergente neutro digestível}$.

Foram retiradas amostras compostas dos ingredientes e das sobras para cada unidade experimental, em cada período, e foram congeladas para posteriores análises.

Nos últimos cinco dias, de cada período experimental, também foi realizada a coleta total de fezes. A coleta de fezes foi realizada através de uma bolsa coletara de lona, revestida internamente com napa e presa ao animal por meio de arreio. A coleta, a pesagem e a amostragem das fezes (10% do total excretado após homogeneização), no entanto, foi realizada duas vezes ao dia, às 7h e às 17h.

As fezes também foram analisadas para MS, MO, PB, EE e MM de acordo com as metodologias descritas anteriormente para alimentos e sobras e utilizadas para estimar a digestibilidade aparente dos nutrientes das dietas.

No 15º dia (6h00), 16º dia (9h00), 17º dia (12h00), 18º dia (15h00) e 19º dia (18h00) serão também realizadas coletas de fezes na porção final do reto de cada animal.

A quantidade de matéria seca fecal excretada foi estimada pela concentração de fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), matéria seca indigestível de 244h (MSi 244H), matéria seca indigestível de 264 horas (MSi 264H) obtida após incubação *in situ* dos alimentos, sobras e fezes por um período de 244 e 264 horas. As estimativas da quantidade de matéria seca fecal excretada, através dos indicadores FDNi, FDAi, MSi 244H e MSi 264H foram utilizadas na determinação também da digestibilidade aparente das dietas.

O ensaio de digestibilidade *in situ* foi conduzido com um bovino fistulado no rúmen (pesando em média 760 Kg), recebendo uma dieta à vontade constituída de 70% volumoso (capim elefante) e de 30% concentrado (a base de farelo de soja, farelo de trigo e milho), conforme recomendação de Huntington e Givens (1995). O alimento era fornecido duas vezes ao dia, as 7 horas e a 15 horas, com fornecimento de água à vontade.

Após a retirada dos sacos incubados no rúmen, os mesmos foram lavados com água corrente até total clareamento e imediatamente transferidos para estufa de ventilação forçada (60°C), onde foram mantidos por 48 horas. Sequencialmente, foram secos em estufa não ventilada (105°C por 45 minutos), acondicionados em dessecador (20 sacos/dessecador) e pesados (DETMANN et al., 2001) para a obtenção da MS não digerida.

Para a determinação da FDN e FDA pesou-se 0,25 g da amostra, em seguida colocados em tubos de ensaio. A estes foram adicionados 25 ml da solução de FDN e FDA e destinados ao bloco digestor a uma temperatura de 120°C por uma hora, a partir da ebulição. Colocaram-se os cadinhos filtrantes para secar em estufa a 105°C por 1 hora; retiraram-se os cadinhos da estufa e foram colocados em dessecador para esfriar por 30 minutos. Após esse processo, efetuou a filtração usando bomba de vácuo. Durante a filtração, os resíduos foram lavados duas vezes no mínimo, com água destilada quente (90°C), tendo o cuidado de lavar as paredes do tubo. Em seguida, efetuou a lavagem com acetona (30-40 ml) em toda a amostra, a fim de que o solvente entrasse em contato com as partículas de fibra. Posteriormente, os cadinhos foram levados à estufa a 105°C durante

uma noite. Após esse período, os cadinhos foram colocados em dessecador e em seguida pesados.

O teor de MSi foi obtido pela diferença do peso seco do material antes da incubação e o peso seco do resíduo após incubação *in situ*. A determinação do FDNi e a FDAi foi obtido pela diferença do peso seco do material antes da incubação do resíduo e após a incubação e as análises de FDN e FDA, respectivamente.

Para análise estatística das variáveis utilizou-se o contraste ortogonal para comparar os métodos indiretos de determinação de digestibilidade aparente dos nutrientes *in vivo* (FDAi, FDNi e MSi) e *in situ* com o método direto de determinação de digestibilidade aparente (coleta total de fezes) dos nutrientes nas diferentes dietas.

Os dados experimentais foram submetidos a análise de variância e de regressão polinomial, para testar os níveis de PB em %, dentro dos indicadores utilizados.

As análises estatísticas foram realizadas por intermédio do PROC REG do programa SAS (2004), utilizando o teste de Dunnett, adotando-se nível de $\alpha = 0,05$ de significância, para comparar as medias dos indicadores com o controle dentro de cada nível de PB.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Não houve diferença estatística ($P > 0,05$) para a estimativa de excreção fecal total (verdadeira) e a FDNi em todos os níveis de PB, em ovinos e caprinos, demonstrando que este indicador pode ser utilizando para estimar a excreção fecal, independente da concentração de PB na dieta das espécies ovinas e caprinas (Tabela 2 e 3).

A excreção fecal estimada pela FDAi e MSi 244h foram semelhantes a excreção total quando os ovinos consumiram níveis mais baixos de PB (entre 5,5 e 11,33% de PB na MS), quando se tinham 13,27% de PB na dieta, a excreção fecal dos ovinos foram superestimadas por estes indicadores.

Diferentemente ocorreu na espécie caprina, em que a excreção fecal estimada pela FDAi e MSi 244h não diferiram ($P > 0,05$) dos valores obtidos da coleta total de fezes dos animais consumindo os diferentes teores de PB na dieta (Tabela 3).

Tabela 2 – Estimativas de excreção fecal diária em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H), consumindo dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB	FEZES g/dia									
5,5	211,52	173,20	252,85	233,39	341,74	46,57	ns	ns	ns	*
7,44	246,31	152,59	327,20	207,48	402,65		ns	ns	ns	*
9,39	227,85	154,59	304,00	209,83	370,84		ns	ns	ns	*
11,33	217,30	141,71	256,18	172,68	304,89		ns	ns	ns	*
13,27	146,88	188,99	269,35	260,23	305,74		ns	*	*	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Tabela 3 – Estimativas de excreção fecal diária em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H), consumindo dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB	FEZES g/dia									
5,5	183,57	183,72	255,74	162,35	117,26	41,93	ns	ns	ns	ns
7,44	223,12	175,66	240,91	156,63	75,54		ns	ns	ns	*
9,39	199,57	193,43	263,29	173,15	93,57		ns	ns	ns	*
11,33	192,11	202,91	259,36	182,52	93,12		ns	ns	ns	*
13,27	188,88	190,12	177,38	167,32	41,06		ns	ns	ns	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

A excreção fecal estimada pela MSi 264H diferiu estaticamente da excreção fecal via coleta total, em ambas as espécies. Sendo que enquanto na espécie ovina houve uma superestimativa da excreção fecal pela MSi 264H dos animais consumindo dieta com todos os níveis de PB, na espécie caprina, houve uma subestimação da excreção fecal dos animais consumindo entre 7,44 e 13,27% de PB (Tabela 2 e 3).

Segundo Detmann et al; (2007), o indicador FDNi é o mais correlacionado com a coleta total de fezes, portanto, o mais eficiente na estimativa de excreção fecal em ovinos, e o indicador FDAi apresenta maior erro de predição, ou seja, menor precisão, fato que pode ser explicado por erros sistêmicos que podem ser advindos de procedimentos analíticos, os quais podem reduzir a eficiência do FDAi como indicador. Segundo estes mesmos autores, avaliando indicadores na estimativa de digestibilidade, encontraram resultados semelhantes ao presente trabalho, em que o FDNi é o mais acurado na estimativa de excreção fecal em ovinos, enquanto o MSi se mostrou mais ineficiente.

Oliveira Jr et. al (2004), Barros et. al (2007) e Zeoula et. al (2007), também encontraram resultados semelhantes ao obtido no presente trabalho, utilizando bovinos. Alguns autores têm sugerido a utilização da FDNi e FDAi, pois ambos tem se mostrado como melhores indicadores na estimação da excreção fecal para digestibilidade em ruminantes, pois ambos tem apresentado maior precisão das estimativas (Saliba, 1998; Freitas et. al., 2002; Ítavo et. al., 2002 e Detmann et. al., 2007).

Porém, vale ressaltar que essas conclusões foram estabelecidas apenas considerando-se a precisão do indicador e não a sua acurácia, pois muitos dos trabalhos de pesquisa realizados no Brasil, objetivando a avaliação de indicadores, não têm realizado a coleta total de fezes, o que impossibilita conclusões definitivas.

Não houve diferença estatística ($P>0,05$) para a estimativa de digestibilidade da matéria seca (DMS) estimado pelo método direto e FDNi em todos os níveis de PB, em ovinos, demonstrando que este indicador pode ser utilizado para estimar a DMS, independente da concentração de PB na dieta dos ovinos (Tabela 4).

Também não foi observado diferença estatística ($P>0,05$), para a estimativa de DMS estimado pelo método direto e FDAi em todos os níveis de PB, em ovinos (Tabela 4).

Tabela 4 – Estimativas da digestibilidade da matéria seca (DMS) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	743,08	773,25	696,49	677,15	578,75	54,52	ns	ns	ns	*
7,44	737,08	733,73	665,13	782,94	587,39		ns	ns	ns	*
9,39	754,00	733,30	683,55	783,00	612,25		ns	ns	ns	*
11,33	736,18	781,22	609,74	735,08	540,67		ns	ns	ns	*
13,27	751,19	776,84	529,96	555,01	472,61		ns	ns	*	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Tabela 5– Estimativas da digestibilidade da matéria seca (DMS) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	719,84	821,60	705,06	842,90	894,28	63,55	ns	ns	ns	*
7,44	748,32	779,02	731,79	803,88	940,72		ns	ns	ns	*
9,39	489,74	779,00	708,04	802,26	904,72		*	*	*	*
11,33	525,02	748,84	687,34	774,30	890,52		*	*	*	*
13,27	795,78	746,70	744,47	776,90	944,02		ns	ns	ns	ns

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

A digestibilidade da matéria seca estimada pela MSi 244h foi semelhante a verdadeira quando os ovinos consumiram níveis baixos a intermediários de PB (entre 5,5 e 11,33% de PB na MS), quando se tinha 13,27% de PB na dieta, a digestibilidade da matéria seca dos ovinos foi subestimada por este indicador em 26%.

Em caprinos a DMS estimado através do FDNi, FDAi e MSi244H diferiu estatisticamente nas dietas com 9,39 e 11,33% de PB, superestimando a DMS (Tabela 5).

A digestibilidade da matéria seca estimada pelo indicador MSi 264H diferiu significativamente da digestibilidade da matéria seca total, subestimando a digestibilidade da matéria seca em todos os níveis de PB na dieta para ovinos (Tabela 4) e para caprinos nos níveis de PB entre 5,5 a 11,33% de PB superestimando a DMS (Tabela 5).

Esta subestimação da digestibilidade da MS em ovinos se deve a superestimação da excreção fecal pelo uso do indicador MSi 264H (Tabela 2). As diferenças entre a digestibilidade da coleta total e a MSi 264H variaram entre 19 a 37%, sendo que quando a dieta tinha 13,27% de PB, se teve a maior diferença entre este parâmetro. Da mesma forma, a subestimação da DMS em caprinos quando se usou o indicador MSi 264H se deve a superestimação da excreção fecal (Tabela 3).

Ítavo et al. (2002) utilizando metodologia semelhante ao presente trabalho, sugere o uso do indicador FDAi para estimar a produção de matéria seca fecal em ovinos, enquanto Detmann et al. (2001), quando estudaram os indicadores internos, observaram que o FDNi constituiu a melhor alternativa para a determinação indireta da digestibilidade da matéria seca.

Zeoula et al. (2002) avaliaram a recuperação fecal de indicadores internos em ruminantes (FDNi e FDAi) e observaram que a FDNi foi o indicador mais eficiente para estimar a digestibilidade da matéria seca. Porém os mesmos concluem que a FDNi e a FDAi mostraram-se indicadores adequados na estimativa da digestibilidade da MS, com coeficientes semelhantes aqueles obtidos pelo método de coleta total de fezes.

Nas tabelas 6 e 7, temos a estimativa de digestibilidade da matéria orgânica em dietas com diferentes níveis de PB através de indicadores indigestíveis em ovinos e caprinos, respectivamente.

Tabela 6 – Estimativas da digestibilidade da matéria orgânica (DMO) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	761,98	795,76	716,89	715,90	611,51	50,09	ns	ns	ns	*
7,44	753,05	744,39	682,11	796,25	608,83		ns	ns	ns	*
9,39	765,42	740,19	697,46	792,01	629,03		ns	ns	ns	*
11,33	744,66	788,58	622,60	743,80	555,61		ns	ns	ns	*
13,27	754,64	781,11	536,39	560,39	479,40		ns	ns	*	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Tabela 7 – Estimativas da digestibilidade da matéria orgânica (DMO) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	725,41	684,71	711,90	716,61	772,45	69,81	ns	ns	ns	ns
7,44	758,12	795,23	752,72	817,84	943,62		ns	ns	ns	*
9,39	778,29	791,52	726,72	813,53	911,91		ns	ns	ns	*
11,33	769,16	756,37	695,79	781,06	893,28		ns	ns	ns	*
13,27	760,20	771,77	781,09	799,15	951,65		ns	ns	ns	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Não houve diferença estatística ($P>0,05$), para a estimativa de digestibilidade da matéria orgânica (DMO) verdadeira quando comparada com o FDNi e FDAi em todos os níveis de PB, em ovinos e caprinos, demonstrando que estes indicadores pode ser utilizando para estimar a DMO, independente da concentração de PB na dieta dos ovinos e caprinos (Tabela 6 e 7).

A digestibilidade da matéria orgânica estimada pela MSi 244h foi semelhante a total quando os ovinos consumiram níveis inferiores de PB (até 11,33% de PB na MS), quando se tinham 13,27% de PB na dieta para a MSi 244H, a digestibilidade da matéria orgânica dos ovinos foram subestimadas por este indicador em 25,74% (Tabela 6). Em caprinos não houve diferença estatística ($P>0,05$), para a estimativa de digestibilidade da matéria orgânica (DMO) pelo método direto e com o indicador MSi 244H (Tabela 7). A digestibilidade da matéria orgânica estimada pelo indicador MSi 264H diferiu significativamente da digestibilidade da matéria orgânica verdadeira, subestimando a digestibilidade da matéria orgânica em todos os níveis de PB na dieta em ovinos e em caprinos houve uma superestimativa em dietas com continham níveis acima de 7,44% de PB. Estes resultados seguiram comportamento semelhante da DMS para ovinos (Tabela 6).

Entretanto, para caprinos o comportamento da DMO diferiu do comportamento da DMS (Tabela 7).

Os valores da DMO, observados com o uso de indicadores internos, FDAi e FDNi, não diferiram ($P>0,05$) dos valores observados com o uso do método de coleta total de fezes nos diferentes níveis de PB, sendo considerados bons indicadores na estimativa dos coeficientes da DMO. Vários autores utilizando metodologia semelhante ao presente trabalho, mostraram o FDN e a FDAi como indicadores promissores, uma vez que os valores médios obtidos para DMO foram semelhantes àqueles obtidos pela coleta total de fezes (Piaggio et al.,1991; Berchielli et al.,1998; Saliba et al.,1999; Freitas et al. 2001 e Ítavo et al. 2002).

Tabela 8 – Estimativas da digestibilidade da proteína bruta (DPB) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	656,78	676,05	600,13	516,17	429,97	91,99	ns	ns	ns	*
7,44	682,32	700,15	602,14	736,93	508,44		ns	ns	ns	*
9,39	695,09	692,42	608,10	730,59	520,20		ns	ns	ns	*
11,33	681,21	639,50	534,66	682,26	451,52		ns	ns	ns	*
13,27	678,37	674,09	388,54	416,89	314,97		ns	*	*	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Tabela 9 – Estimativas da digestibilidade da proteína bruta (DPB) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	669,91	602,86	682,02	641,33	700,20	130,73	ns	ns	ns	ns
7,44	706,77	736,30	710,25	765,40	956,97		ns	ns	ns	ns
9,39	713,36	740,11	643,85	767,32	878,76		ns	ns	ns	ns
11,33	592,90	526,49	446,42	574,93	806,52		ns	ns	ns	ns
13,27	644,96	668,48	679,16	708,65	937,31		ns	ns	ns	ns

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Não houve diferença estatística ($P>0,05$), para a estimativa de digestibilidade da proteína bruta (DPB) quando comparada com o FDNi em todos os níveis de PB, em ovinos e caprinos, demonstrando que este indicador pode ser utilizado para estimar a excreção fecal, independente da concentração de PB na dieta dos ovinos (Tabelas 8 e 9).

Em ovinos, os indicadores FDAi, MSi 244H tiveram comportamento semelhante a coleta total de fezes quando os ovinos consumiram níveis mais baixos de PB (até 11,33% de PB na MS), quando se tinham 13,27% de PB na dieta, a digestibilidade da proteína bruta dos ovinos foram subestimadas por estes indicadores, sendo o FDAi o que mais subestimou a DPB (42,72%). A digestibilidade da proteína bruta estimada pelo indicador MSi 264H diferiu da digestibilidade da proteína bruta verdadeira, quando se utilizou todos os níveis de PB na dieta em ovinos, também subestimando a DPB.

Os indicadores FDNi, FDAi, MSi 244H e MSi 264H estimaram corretamente a DPB em todos os níveis de PB nos caprinos (Tabela 9). A fonte proteica das dietas continham 75% de ureia, uma fonte de proteína 100% degradada no rúmen (Detmann et al. 2007) e que não contem fibra (Tabela 1). Assim, o seu desaparecimento no rúmen, pode facilitar a estimativa de excreção de PB, devido a ausência de PB e FDN advindo da ureia nas fezes, principalmente em níveis menores de PB na dieta. Permitindo menores variações do teor de PB nas fezes entre animais com a mesma dieta. Provavelmente, se a dieta fosse rica em proteína não degradada no rúmen ou proteína verdadeira, o uso destes indicadores poderia proporcionar resultado diferente, ocasionando uma maior variação do teor de PB nas fezes, o que teria maior interferência na DPB.

Diante os resultados obtidos no presente estudo, observou-se que para a DPB dos caprinos obteve resultados semelhantes a coleta total, ou seja, e recomendado a utilização destes indicadores dentro destes níveis para estimar a DPB.

Tabela 10 – Estimativas da digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	748,81	776,16	704,94	677,40	589,50	63,63	ns	ns	ns	*
7,44	758,25	748,36	690,08	799,60	668,16		ns	ns	ns	ns
9,39	784,26	756,52	732,38	811,81	689,26		ns	ns	ns	ns
11,33	750,65	794,02	731,92	750,42	565,08		ns	ns	ns	*
13,27	747,81	780,38	528,28	559,21	473,70		ns	*	*	*

¹Todas= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Tabela 11 – Estimativas da digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB	g/kg									
5,5	729,71	693,03	711,94	724,39	781,29	68,25	ns	ns	ns	ns
7,44	754,65	786,92	747,98	810,38	946,45		ns	ns	ns	*
9,39	769,12	780,49	718,38	803,73	911,92		ns	ns	ns	*
11,33	774,61	762,34	704,49	786,50	897,56		ns	ns	ns	*
13,27	758,09	768,82	779,38	796,66	952,20		ns	ns	ns	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Não houve diferença significativa entre a digestibilidade da fibra em detergente neutro verdadeira e FDNi em todos os níveis de PB, demonstrando que este indicador pode ser utilizado para estimar a digestibilidade da fibra em detergente neutro, independente da concentração de PB na dieta dos ovinos e caprinos (Tabela 10 e 11). A digestibilidade da fibra em detergente neutro estimada pela FDAi e MSi 244h foram semelhantes a verdadeira quando os ovinos consumiram níveis inferiores de PB (até 11,33% de PB na MS), quando se tinham 13,27% de PB na dieta, a digestibilidade da fibra em detergente neutro em ovinos foi subestimadas por estes indicadores.

Quando avaliado em caprinos o comportamento também foi semelhante entre FDAi e MSi 244h não diferindo da DFDN obtida pela coleta total de fezes (Tabela 11). A digestibilidade da fibra em detergente neutro estimada pelo indicador MSi 264H diferiu da digestibilidade da fibra em detergente neutro total em ovinos, quando se utilizou os níveis de PB 5,5%, 11,33% e 13,27% na dieta (Tabela 10). Nestes níveis de PB, a digestibilidade da fibra em detergente neutro dos ovinos foram subestimadas por este indicador (Tabela 10). Em relação a caprinos, somente com a dieta 5,5% de PB não diferiu da coleta total, a MSi 264H superestimou a DFDN nos níveis mais altos de PB (Tabela 11).

Tabela 12 – Estimativas dos nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em ovinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	748,04	716,53	705,52	691,98	600,49	46,33	ns	ns	ns	*
7,44	721,47	808,68	655,51	762,82	585,45		ns	ns	ns	*
9,39	713,37	782,76	650,39	737,90	586,93		ns	ns	ns	*
11,33	692,82	734,56	581,63	692,96	518,83		ns	ns	ns	*
13,27	696,61	630,33	496,64	519,95	444,59		ns	*	*	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Tabela 13 – Estimativas dos nutrientes digestíveis totais (NDT) de dietas com diferentes concentrações de proteína bruta (PB) em caprinos através dos indicadores fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), matéria seca indigestível incubada em 244 horas (MSi 244h) e matéria seca indigestível incubada em 264 horas (MSi 264H).

Parâmetros	Indicadores ¹					EP	Contrastes ²			
	Total	FDNi	FDAi	MSi 244H	MSi 264H		Total x FDNi	Total x FDAi	Total x MSi 244H	Total x MSi 264H
% PB			<u>g/kg</u>							
5,5	702,20	664,19	688,22	694,24	746,93	67,96	ns	ns	ns	ns
7,44	711,64	746,59	706,19	768,27	889,30		ns	ns	ns	*
9,39	767,69	780,63	715,40	802,22	896,92		ns	ns	ns	*
11,33	757,48	744,94	678,64	768,43	875,43		ns	ns	ns	*
13,27	760,69	771,26	780,88	799,37	955,23		ns	ns	ns	*

¹Total= excreção verdadeira, obtida pela coleta total de fezes; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível, FDAi = fibra em detergente ácido indigestível; MSi 244h= matéria seca indigestível incubada em 244 horas; e MSi 264H = matéria seca indigestível incubada em 264 horas.

²Comparações significativas (P<0,05) pelo teste de Dunnett.

Não houve diferença estatística ($P>0,05$), para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT) obtido da coleta total de fezes quando comparada com o FDNi em todos os níveis de PB, em ovinos e caprinos (Tabela 12 e 13).

Os nutrientes digestíveis totais estimados pela FDAi e MSi 244h tiveram comportamento semelhantes em cada espécie. Em ovinos, quando estes consumiram níveis mais baixos de PB (entre 5,5% e 11,33% de PB na MS) estes indicadores estimaram de forma semelhante ao NDT das dietas. Entretanto, quando se tinham 13,27% de PB na dieta, os nutrientes digestíveis totais dos ovinos foram subestimadas por estes indicadores. Em relação a caprinos, a FDAi e MSi 244H foram eficientes em determinar o NDT das dietas (Tabela 13).

Os nutrientes digestíveis totais estimados pelo indicador MSi 264H diferiram significativamente em relação aos nutrientes digestíveis totais verdadeiros, subestimando os nutrientes digestíveis totais em todos os níveis de PB na dieta em ovinos. Fato que pode ser relacionado ao maior tempo de incubação, provavelmente em virtude disso, houve aumento da degradação dos alimentos incubados, resultando numa subestimação deste indicador (Tabela 12).

Em caprinos somente quando a dieta tinha 5,5% PB, o FDNi 264H estimou eficientemente o NDT da dieta, nos níveis mais altos de PB, este superestimou o NDT (Tabela 13). Dentre os indicadores internos, fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), matéria seca indigestível de 244h (MSi 244H), matéria seca indigestível de 264h (MSi 264H), utilizados nas estimativas de excreção fecal, o FDNi é o indicador que estimou com melhor precisão a digestibilidade dos nutrientes de rações com alta proporção de volumoso e teores de proteína entre 5,5 e 13,27% de proteína bruta com base na matéria seca para caprinos e ovinos.

A utilização dos indicadores de digestibilidade FDAi e MSi 244H foram eficientes em estimar a digestibilidade de rações para caprinos e não foram eficientes em estimar a digestibilidade de rações com alta proporção de volumoso e teores de proteína acima de 11,33% de proteína bruta com base na matéria seca para ovinos.

Segundo Lee & Hristov (2013), dietas com alto e baixo teor de PB, mesmo quando incubadas simultaneamente, podem criar diferentes microambientes nos sacos in situ e com isto causar diferenças na digestibilidade da fibra, diferenciando a composição microbiana dentro do saco de incubação em relação ao restante do conteúdo ruminal.

O indicador MSi 264H, apresentou o pior resultado entre os indicadores, não sendo recomendado para estimar a digestibilidade em ovinos e caprinos.

5. CONCLUSÃO

Dentre os indicadores avaliados a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), é o que estima com melhor precisão a digestibilidade dos nutrientes na ração para caprinos e ovinos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, K.S.; CARVALHO, F.F.R.; FERREIRA, M.A. et al. Níveis de energia em dietas para ovinos Santa Inês: digestibilidade aparente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1962- 1968, 2003 (supl. 2).

AOAC INTERNATIONAL. Official methods of analysis. 16^a ed., 3^a rev. Gaithersburg: **Published by AOAC International**, 1997. v.2, cap. 32, p.1-43.

BARROS, R.A.M.; FONTES, C.A.A.; DETMANN, E.; VIEIRA, R.A.M.; HENRIQUES, L.T.; RIBEIRO, E.G.; Avaliação do perfil nictemeral de excreção de indicadores internos e de óxido crômico em ensaios de digestão com ruminantes - **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2102-2108, 2007 (supl.).

BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P.; FURLAN, C.L. Avaliação de indicadores internos em ensaios de digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.830-833, 2000.

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; GARCIA, A. Considerações sobre os principais indicadores utilizados em estudos de nutrição com ruminantes. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia, UNIPAR**, 8(2): p. 205-211, 2005.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, V. A.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funesp, 2006. 583 p.

BERCHIELLI, T. T.; RODRIGUEZ, N. M.; OSÓRIO NETO, E.; ROCHA, S. S. Comparação de Indicadores de fase sólida para medir fluxo de matéria seca e matéria orgânica no duodeno. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.2, 147-152, 1998.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.

CASALI, A. O. Procedimentos metodológicos *in situ* na avaliação do teor de compostos indigestíveis em alimentos e fezes de bovinos. Viçosa, 2006, 47 p. Dissertação (Mestrado) – **Universidade Federal de Viçosa**, 2006.

DETMANN, E.; SOUZA, R.; GARCIA, S.C. et al. Avaliação do vício de “tempo longo” de indicadores internos em ensaio de digestão com ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v.59, n.1, p.182-188, 2007.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F. et al. Cromo e indicadores internos na determinação do consumo de novilhos mestiços, suplementados, a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1600-1609, 2001.

DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S. et al. Validação de equações preditivas da fração indigestível da fibra em detergente neutro em gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1866-1875, 2004.

FERREIRA, M.A. et al. Avaliação de indicadores em estudo com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.38, p. 1568-1573, 2009.

FREITAS, D.; BERCHIELLI, T. T.; SILVEIRA, R. N.; SOARES, J. P. G.; FERNANDES, J. J. R.; PIRES, A. V. Produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca e matéria orgânica estimados por meio de indicadores. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1521-1530, 2002.

FREITAS, D.; BERCHIELLI, T. T.; SILVEIRA, R.N. et al. Produção fecal e fluxo duodenal de matéria seca estimados através de indicadores. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2001. p.1114.

GOIS, G.C. 2014. Desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de ovinos alimentados com dietas contendo silagens de diferentes cultivares de sorgo. Tese: Programa de Doutorado Integrado de Zootecnia - **Universidade Federal da Paraíba**, Paraíba, PB.

HUNTINGTON, J.A. AND GIVENS, D.I. (1995) The in Situ Technique for Studying Rumen Degradation of Feeds: **A Review of the Procedure**. Nutrition Abstracts and Reviews, 65, 63-95.

ÍTAVO, L. C. V. Consumo, digestibilidade e eficiência microbiana de novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado, utilizando diferentes indicadores e períodos de coleta. 2001, Tese (**Doutorado em Zootecnia**). Viçosa: **Universidade Federal de Viçosa**, 100p.

ÍTAVO, L. C. V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Comparação de indicador es e metodologia de coleta para estimativas de produção fecal e fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1833-1839, 2002b.

KITESSA S.; FLINN P.C.; IRISH, G.G. Comparison of methods used to predict the *in vivo* digestibility of feeds in ruminants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, n.5, p. 825-841, 1999.

KOZLOSKI, G. V.; MESQUITA, F. R.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S.; STEFANELLO, C. M.; SANCHEZ, L. M. B. Avaliação do uso de frações indigestíveis do alimento como indicadores internos de digestibilidade em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 1819-1823, 2009.

KOZLOSKI, G. V., PEREZ NETO, D., OLIVEIRA L. *et al.* Uso do óxido de cromo como indicador da excreção fecal de bovinos em pastejo: variação das estimativas em função do horário de amostragem. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.599-603, 2006.

KRISZAN, S.J.; HUHTANEN. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. **Journal Dairy Science**, v. 96, p.1715-1726, 2013.

LEE, C.; HRISTOV, A. N. Short communication: evaluation of acid-insoluble ash and indigestible neutral detergent fiber as total-tract digestibility markers in dairy cows fed corn silage-based diets. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 5295–5299, 2013.

LOPES, F.C.F. Determinação do consumo de forrageiras tropicais por vacas em lactação em condição de pastejo. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 52, p.1-116, 2007.

MACHADO, A.S.; GODOY, M.M.; LIMA, M.L.M.; FARIA JÚNIOR, O.L.; MORGADO, H.S.; ARAÚJO, E.P. Utilização de Óxido Crômico e LIPE® como indicadores externos na estimativa de digestibilidade em ruminantes. **PUBVET**, v.5, n.20, Ed. 167, Art. 1124, 2011.

MEHREZ, A.Z.; ØRSKOV, E.R. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, p.645, 1977.

MENDES, A. R.; EZEQUIEL, J. M. B.; GALATI, R. L.; BOCCHI, A. L.; QUEIRÓZ, M. A. Á.; FEITOSA, J. V. Consumo e Digestibilidade Total e Parcial de Dietas Utilizando Farelo de Girassol e Três Fontes de Energia em Novilhos Confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.679-691, 2005.

MERCHEN, N.R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D.C. (Ed.) **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. 4.ed. Carvallis: O&B Books, 1993. p.172-210.

OLIVEIRA JR., R. C.; PIRES, A. V.; FERNANDES, J. J. R.; SUSIN, I.; SANTOS, F. A. P., NASCIMENTO FILHO, V. F.; ARAÚJO, R. C. Avaliação de marcadores para estimar a digestibilidade dos nutrientes em novilhos nelore alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado e fontes nitrogenadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 749-758, 2004.

PIAGGIO, L. M. *et al.* Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível como indicadores internos da digestibilidade. **Rev. Soc. Bras. Zootec.** v. 20, n. 3, p. 306-312, 1991.

RODRIGUES, P.H.M.; GOMES, R.C.; SIQUEIRA, R.F. Acurácia, precisão e robustez das estimativas da digestibilidade aparente da matéria seca determinada com o uso de indicadores em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.1118-1126, 2010.

RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; GUIMARÃES JR., R. Uso de indicadores para estimativa de consumo a pasto e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: **Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 2006. p.323-352.

SALIBA, E. de O. S. Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e soja expostas a degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais. 1998. 252 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, **Escola de Veterinária**, Belo Horizonte.

SALIBA, E. de O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; PILÓ-VELOSO, D.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. Utilização da lignina isolada da palha de milho como indicador de digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p. 145-147.

SALMAN, A.K.D.; FERREIRA, A.C.D.; SOARES, J.P.G.; SOUZA, J.P. **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos.** Doc 136, ISSN 0103-9865, 2010.

STERN, M.D.; BACH, A.; CALSAMIGLIA, S. Alternative techniques for measuring nutrient digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.75, n.12, p.2256-2276, 1997.

TEIXEIRA, J. C. **Introdução aos métodos de determinação de digestibilidade em ruminantes.** In: Simpósio Internacional de Digestibilidade em ruminantes. 1997. Lavras. Digestibilidade in situ... Lavras: Júlio Cesar Teixeira, 1997. p. 7-27.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two stages technique for the “in vitro” digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, London, v.18, n.2, p.104-111, 1963.

VALENTINI, P.V. **Indicadores de produção fecal de novilhas em diferentes planos de alimentação.** 2012. 59p. Tese (Mestrado Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

VAN SOEST, P.J. **Nutricional ecology of the ruminant.** 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, P. J, ROBERTSON, JB E LEWIS, BA 1991, ‘Methods for dietary fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition’, **Journal of Dairy Science**, vol.74, nº. 10, pp. 3583-3597.

VANZANT, E.S.; COCHRAN, R.C.; TITGEMEYER, E.C. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2717, 1998.

VÉRAS, R.M.L.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição do milho por farelo de palma forrageira em dietas para ovinos em crescimento. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.351-356, 2005.

WATANABE, P EZEQUIEL, J.M.; GALATI, R.L.; BIAGIOLI, B.; SILVA, O.G.C.H. Indicadores internos indigestíveis para a estimativa das digestibilidades de dietas à base de coprodutos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.3, p.849-857, 2010. WEISS, W. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, Ithaca. **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185

ZEOULA, L.M. et al. Recuperação Fecal de Indicadores Internos Avaliados em Ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.3, n.4, p. 1865-1874, 2002.